Beiträge zur Kenntniss

der

Gattung Carica.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

bei der

hochlöblichen philosophischen Fakultät

der

Friedrich-Alexanders-Universität Erlangen

vorgelegt von

Georg Rüger.

ERLANGEN.

Druck der Universitäts-Buchdruckerei von Junge & Sohn.

1887.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546420_0102

Die sowohl in systematischer, als in anatomischer und physiologischer Hinsicht so sehr interessante kleine Gruppe der Papayaceen war bisher verhältnissmässig wenig bekannt. Wenn man von der systematischen Behandlung absieht, die sie durch Baillon, Caruel etc. erfahren hat, beschränkt sich unser Wissen von ihr auf einige anatomische Angaben, wesentlich das Milchröhrensystem betreffend, und auf die Versuche, welche mit ihrem Milchsaft von verschiedenen Seiten angestellt sind. Erst in neuester Zeit ist durch Klebs die Keimungsgeschichte bekannt geworden, eine zusammenfassende Behandlung in morphologischer und namentlich in anatomischer Beziehung fehlte indessen bisher gänzlich.

Von vorneherein schien dieselbe mancherlei interessante Ergebnisse zu versprechen und so habe ich mich denn, da mir reichliches Material für alle Fragen zur Verfügung stand, derselben unterzogen. Es war dabei mein Bestreben, zunächst die Anatomie der Pflanze in allen ihren Theilen völlig klar zu legen und mit Hülfe derselben Aufschlüsse über die systematische Stellung, die bisher noch mehr als zweifelhaft ist, zu erlangen. Genauer studirt wurden sodann die Strukturverhältnisse des Samens und seine Keimung und die allmähliche Entwicklung des Keimlings zur ausgebildeten Pflanze.

Es liegt in der Natur der Sache, dass nicht alle Fragen, die sich aufdrängten, gleichmässig behandelt werden konnten; das letztere gilt namentlich von der Entwicklung der Blüthe und Frucht. Auf einzelne kleinere, aber interessante Nebenergebnisse mag hier nur hingewiesen werden, sie haben ihre Stelle in der unten folgenden Darlegung gefunden.

Ausgeführt wurde die Arbeit im botanischen Institut der Universität Erlangen.

Beschreibung der Samen.

Keimfähiges Samenmaterial stand mir zur Verfügung von folgenden Arten und Varietäten:

Carica Papaya mit den Varietäten pedunculata, violacea, macrocarpa und gigantea, ferner von C. monoica microcarpa, hastata und citriformis.

Die Grösse aller dieser Samen variirt innerhalb ziemlich enger Grenzen; der Längs-Durchmesser wechselt von 6–8 mm, während die Breite selten mehr als 5 mm beträgt. Alle diese Samen, die vorläufig zusammen behandelt werden sollen, haben eine ungefähr eiförmige Form, wobei einzelne kleine Abweichungen nicht besonders aufgeführt zu werden brauchen.

Sie entstehen alle aus anatropen Samenanlagen und ihre Raphe tritt als scharfkantiger Vorsprung zu Tage, den Samen vom Hagelfleck bis zum Nabel umziehend. Die Mikropyle überragt als feines Spitzchen etwas die Nabelgegend. Aussen ist die Samenschale bei allen Formen von eigenthümlichen Fortsätzen bedeckt, die Klebs als Wucherungen des Testagewebes bezeichnet. Ihre Zahl ist sehr verschieden und übertrifft jedenfalls die Zahl 18, wie Klebs es angibt, in sehr vielen Fällen. Ueberall kann man sie auf bestimmte Längsreihen zurückführen, die entweder ununterbrochen verlaufen oder in mehr oder weniger zahlreiche einzelne (isolirte) Höcker aufgelöst sind. Während sie bei den Formen der Carica Papaya meist sehr stark ausgebildet sind (besonders bei der Form violacea und gigantea), und während häufig ihre Höhe dem Durchmesser des Samenkorns ungefähr gleichkommt, scheinen sie bei der Gattung Vasconcella im Allgemeinen kleine Dimensionen einzuhalten, wenigstens soweit das vorliegende Material es festzustellen erlaubt.

Der mediane, durch die Raphe gehende Schnitt durch den Samen zeigt zunächst, dass die Samenschale zusammengesetzt ist aus 3 oder 4 Schichten, die auch Klebs schon kurz beschrieben hat, von denen die äusserste, die Höcker tragende, als ziemlich dicke, braun gefärbte Lamelle sich darstellt, während eine zweite, ziemlich dünne, gelblich gefärbt ist und eine dritte resp. vierte, dem Endosperm anliegende, eine faltige, braune Membran bildet.

Das Endosperm ist durch und durch schmutzig gelb gefärbt und erfüllt den ganzen inneren Raum der Samenschale gleichmässig, nur hin und wieder hat es sich durch Schrumpfung etwas von den Testaschichten zurückgezogen. In seiner Mitte findet sich stets ein Hohlraum, der sich von der Chalaza bis zur Mikropyle erstreckt und in seinem Inneren den Embryo enthält.

Schon Klebs hat angegeben, dass der letztere den Hohlraum nicht ganz erfülle, und zwar lassen sich da folgende Modificationen registriren: entweder liegen die äusseren Flächen der Cotyledonen dem Endosperm dicht an, wodurch ein leerer Hohlraum zwischen den Cotyledonen entsteht, oder die Keimblätter liegen fest aneinander, sodass der Embryo nur mit einem geringen Theile seiner Aussenfläche das Endosperm berührt, oder schliesslich beide Fälle combiniren sich und es entstehen feine, spaltenförmige Hohlräume zwischen den Cotyledonen und dem Endosperm einerseits und zwischen den Cotyledonen selbst andererseits. Die Lage des Embryo kann eine sehr variirende sein, indem seine Mediane bald mit derjenigen des Samens zusammenfällt, bald sich mit ihr kreuzt oder auch in unbestimmbaren Winkeln zu ihr steht.

Das Würzelchen mit dem ziemlich kurzen hypokotylen Gliede zusammen beträgt fast die Hälfte der Länge des ganzen Embryo, der seinerseits die Endospermhöhlung von einem bis zum andern Ende durchzieht. Seine Cotyledonen sind dünne, häutige, an der Spitze abgerundete Lamellen.

In der Raphe erkennt man auf dem Medianschnitte meist einen feinen der Länge nach verlaufenden Kanal, der in der Chalaza-Gegend endigt und das zusammengetrocknete Gefässbündel des Nabelstranges einschliesst.

Irgend welche erhebliche Unterschiede zwischen den vorhin benannten Arten und Formen lassen die Samen nicht erkennen, wenn

man von geringfügigen Differenzen in der Grösse der Samen sowohl, wie der ihre Testa bedeckenden Höcker absieht. Die Testafärbung wechselt von schwarz bis zu einem ziemlich hellen Braun, ist übrigens bei den einzelnen Sorten selbst durchaus nicht immer die gleiche.

Anatomische Beschreibung des Samens.

Wie schon oben angeführt, besteht die Testa aus 4 Schichten, zu denen nach aussenhin noch eine oder zwei dünnwandige und quellbare Zelllagen folgen. Auf Querschnitten untersucht besteht die äusserste, zu der gleichzeitig die oberflächlichen Höcker gehören, aus ziemlich grossen polyedrischen Zellen, deren Lumina übrigens nicht so auffällig verschieden sind, wie Klebs angibt. Im reifen Samen führen diese Zellen stets Luft und haben die Fähigkeit, sowohl ihre Lumina sehr schnell mit Wasser zu füllen, als auch ihre Membran in sehr kurzer Zeit zu imbibiren. Erleichtert wird dieser letztere Vorgang durch ein sehr ausgebildetes Intercellularraumsystem, das zwischen den Zellen hinläuft und nach aussen direkt mit der umgebenden Luft communicirt. Klebs bezeichnet ganz richtig dieses schwammige Gewebe während der Keimung als Wasserreservoir. Die Membranen der einzelnen Zellen sind ziemlich stark verdickt und lassen deutlich zwei auf der (entgegen Klebs) stets sichtbaren Mittellamelle aufgelagerte Verdickungsschichten erkennen, von denen die innere, dünnere dunkelbraun, die äussere hellbraun gefärbt ist. Gegen Reagentien verhalten sich diese Membranen vollständig indifferent.

Nach innen werden diese Zellen allmählich kleiner, zeigen auch schon hie und da auf ihrer Wand kleine körnchenförmige Verdickungen, die in die zweite Testaschicht überleiten. Diese besteht aus einem sehr eigenthümlichen Gewebe, das auf den ersten Blick nichts weiter erkennen lässt, als unendlich feine, netzförmig mit einander verbundene Körner; erst genauere Untersuchung zeigt, dass man es hier mit luftführenden, ziemlich stark verdickten Zellen, deren Grenzen z. B. durch Kochen mit Kalilauge verhältnissmässig deutlich gemacht werden können, zu thun hat. Die innerste Lamelle ihrer gelb oder braun gefärbten Membran ist mit jenen unendlich zahlreichen und feinen, körnigen Verdickungen besetzt, die, wie

schon gesagt, bei sehr starker Vergrösserung eine netzförmige Anordnung zeigen.

Zwischen Vasconcella und Carica Papaya ist insofern ein Unterschied zu bemerken, als bei jener die Dicke der Membran viel bedeutender ist, als bei dieser; infolge dessen tritt auch auf feinen Schnitten das zellige Gefüge bei ersterer deutlicher hervor.

Auch diese Zellen füllen sich bei Wasserzufuhr. Sie stossen nach innen an eine einfache Parenchymschicht, deren einzelne Elemente quadratisch sind und bis auf die innere, stärker verdickte Wandung dünnwandig sind. Infolge dessen trennt sich an dieser Stelle bei feinen Schnitten sehr leicht der Complex der äusseren Schichten von der nach innen folgenden Hartschicht. In jeder Zelle der ebengenannten Parenchymschicht liegt ein grosser, häufig an den Ecken abgerundeter Krystall von oxalsaurem Kalk, ein weiterer Inhalt ist nicht vorhanden.

Die Hartschicht setzt sich zusammen aus gestreckten, sehr stark verdickten, mit kreuzförmigen Tüpfeln versehenen Zellen, die wieder in zwei Lagen getheilt sind. Die äussere, auf die Krystallschicht folgende, besteht aus einer einfachen Lage mächtiger in der Längsrichtung des Samens langgestreckter Sklerenchymfasern, während die innere aus mehreren Schichten senkrecht zu dieser gestreckter, kürzerer Steinzellenelemente zusammengesetzt ist. Beide Schichten sind verholzt, wie die diesbezüglichen Reaktionen ergeben.

Den Schluss nach innen bildet eine einfache Lage von tangential etwas gestreckten, radial abgeplatteten Parenchymzellen mit bei Vasconcella braunem, bei Carica gelbrothem Inhalt.

Bei den Samen, wie sie in den Handel kommen, sind die beiden auf das Schwammgewebe aussen aufliegenden Zellschichten, die Klebs beschreibt, äusserst selten zu finden; dagegen treten sie an dem der reifen Frucht entnommenen Samen in der Weise auf, dass die Warzen überall von einem isodiametrischen, mehrschichtigen, dünnwandigen und im Wasser stark quellenden Gewebe überdeckt sind, während sich in den Vertiefungen die untere Schicht dieses Gewebes zu pallisadenartig verlängerten Zellen streckt, die nun ihrerseits erst von der von Klebs beschriebenen äussersten Schicht überlagert sind. Die Aussenwand dieser Schicht ist stark verdickt und zeigt Cellulosereaktion.

Dies sind die beiden Schichten, die von mehreren Autoren als Arillus gedeutet werden. Aus meiner Beschreibung wird hervorgehen, dass diese Deutung falsch ist und wir es vielmehr hier mit einem Saugorgan zu thun haben, das nach aussen hin vor Wasserverlust schützt und andererseits dem Schwammgewebe Wasser in genügender Menge zuführt.

Das Endosperm ist aus gleichartigen mittelgrossen Zellen, deren Membranen von gewöhnlicher Dicke sind und die einen aus feinkörnigem Protoplasma und Oel gemengten Inhalt führen, zusammengesetzt. Nach der innersten Testaschicht hin, die übrigens oft beim Herausnehmen des Endosperms an diesem hängen bleibt, zeigen die Zellen des letzteren eine epidermisartige Anordnung mit nach aussen stark verdickter Membran.

Der Embryo besteht durchweg aus kleinem zelligen, öl- und plasmareichen Gewebe und lässt sowohl den Vegetationspunkt der Wurzel, als den der Plumula als differenzirte Organe erkennen. Im hypokotylen Gliede und in den Cotyledonen finden sich die Gefässbündelanlagen als Streifen sehr langer, dünnwandiger und enger Zellen, zwischen denen langgestreckte luftführende Intercellularräume wahrnehmbar sind, die die Streifen dunkel erscheinen lassen. Zu einer Gefässdifferenzirung ist es noch nicht gekommen. Sowohl in dem Vegetationspunkt der Wurzel, als dem der Plumula dringen diese Streifen ziemlich weit vor.

An der Wurzelspitze bildet die Wurzelhaube mit mehreren Kappen und ihren Initialzellen ein geschlossenes Gewebe; ebenso ist die Epidermis (Dermatogen) in sich abgeschlossen, während Periblem und Plerom sich aus gemeinsamen Anfangszellen aufbauen. Das Gleiche ist am Vegetationspunkt der Axe der Fall, wo das Dermatogen eine in sich geschlossene Schicht bildet, während Periblem und Plerom zusammenfliessen.

Besondere Aufmerksamkeit wurde dem eventuellen Vorhandensein einer Scheitelzelle gewidmet; indessen konnte trotz sehr vieler Flächen- und medianer Längsschnitte in keinem einzigen Falle eine solche aufgefunden werden. Immer bestand der Scheitel aus völlig gleichwerthigen, polyedrischen und isodiametrischen Elementen. Ebenso konnten im Embryo Zellen, welche als Initialen der Milchsaftgefässe gelten könnten, nicht entdeckt werden.

Zu Keimversuchen wurden die Samen von Carica Papaya benutzt, die leicht aufgingen und sich zu kräftigen Pflänzchen entwickelten, welche in verschiedenen Stadien zu anatomischen Untersuchungen verwendet wurden.

Auf die Biologie der Keimung braucht hier nicht näher eingegangen zu werden, da dieselbe von Klebs schon ausführlich beschrieben und abgebildet wurde, und ich seinen Beobachtungen nichts hinzuzufügen habe. Bemerkt mag nur werden, dass das Wachsthum des Endosperms während der Keimung kein besonders ausgiebiges war, wie denn überhaupt die Aufzehrung desselben sehr schnell von Statten geht.

Verschiedene der eingangs angeführten Carica-Arten werden systematisch in die beiden Gattungen Carica und Vasconcella vertheilt. Der wichtigste Repräsentant der letzteren Gattung ist die Art hastata. Leider stand mir von Blüthen und sonstigem Untersuchungsmaterial nur diese Art und die typische Carica Papaya zur Verfügung, von allen anderen konnten nur Samen herangezogen werden, die, da sie nicht keimten, auch kein weiteres Material liefern konnten.

Da die Unterscheidung der beiden Gattungen eine sehr schwierige und auf wenig abweichenden Charakteren gegründete ist, hatte ich mir eigentlich vorgenommen, den Werth der letzteren zu prüfen. In Folge der angegebenen Umstände konnte dies leider nicht in ausgedehnterem Massstabe geschehen. Was ich an Samen und Früchten finden konnte, sprach indessen mit aller Entschiedenheit gegen die Trennung der beiden Gattungen, wie auch in der folgenden Beschreibung der fertigen Struktur der ausgebildeten Pflanze etwas darauf Hinweisendes nicht gefunden werden konnte.

Die Samen aller Sorten waren bis auf geringfügige anatomische Verschiedenheiten vollkommen gleichwerthig; auch äusserlich waren nur minderwerthige Abweichungen in der Grösse, Färbung und Gestalt der Testawucherungen zu bemerken, wobei noch besonders erwähnt werden muss, dass auch innerhalb ein und derselben Art Variationen auftreten, die den angedeuteten Unterschieden zwischen den verschiedenen Arten gleichwerthig sind.

Von ganzen Früchten konnte ich diejenigen von Carica Papaya und Vasconcella hastata untersuchen. Beide waren, abgesehen von

der äusseren Form, die bei der ersteren sich orangenförmig, bei der letzteren in Gestalt eines kleinen Flaschenkürbis darstellte, vollkommen nach demselben Typus gebaut. Sie waren zusammengesetzt aus fünf Fruchtblättern, die mit einander zu einer einheitlichen fleischigen Frucht erwachsen waren. Im Innern waren diese Früchte erfüllt mit einer fleischigen, mehlreichen Pulpa, in der Scheidewände oder sonstige Differenzirungen nicht mehr unterschieden werden konnten. Dieser Pulpa waren die Samen regellos eingelagert, wobei ihre äusseren Testaschichten mit dem Fruchtgewebe so fest zusammen hingen, dass die Samen nur mit Mühe herausgelöst werden konnten.

Als Kuriosum möge angeführt werden, dass in einer im Gewächshaus erzogenen Frucht von Carica Papaya die Samen, schon zu kleinen Pflänzchen erwachsen, ausgekeimt vorgefunden wurden. Dass hier ein anormaler Vorgang vorliegt, ergiebt sich daraus, dass die betreffende Frucht ungefähr $1^1/_2$ Jahre alt und noch fest mit dem Stamme verbunden war.

Die Schichten unter der Fruchtepidermis sind schön gelb gefärbt von zahlreichen, wohl ausgebildeten Chromatophoren, in denen sich stets Einschlüsse von kleinen Stärkekörnern finden. Im Uebrigen besteht das Fruchtgewebe aus einem dünnwandigen, unregelmässigen Parenchym, das sehr wasserreich ist und neben spärlichem Protoplasma zahlreiche kleine rundliche Stärkekörner führt.

Nebenbei ist die ganze Frucht in allen ihren, aus geschlossenem Gewebe bestehenden Theilen von einem überaus dichten Milchröhrennetz durchzogen. Gefässbündel und Gefässbündelverzweigungen kommen nur sehr spärlich vor und liegt somit der Gedanke nahe, den Milchröhren hier eine ähnliche Funktion zuzuweisen, wie sie Fischer für das dicht verflochtene Siebröhrennetz in den Früchten von Cucurbitaceen angedeutet hat. Mit Bezug darauf bemerke ich gleich hier, dass gerade der Milchsaft von Carica ungemein reich ist an plasmaartigen Bestandtheilen. Ebenso bemerke ich hier vorläufig, dass gerade in der Frucht eine besonders grosse Menge von eigenthümlichen, die Reaktion eines Aldehyd zeigenden Körpern vorkommt, deren speciellere Würdigung erst weiter unten erfolgen kann.

Reste der die einzelnen loculi trennenden Scheidewände sind in Gestalt gestreckter, strangartig angeordneter Zellmassen in der Pulpa eingelagert.

Da auch von Vasconcella hastata nur männliche Blüthen zur Verfügung standen, konnte ich leider die Stellung der Samenanlagen im Fruchtknoten, auf die Decandolle bei der Unterscheidung der beiden Gattungen das Hauptgewicht legt, nicht untersuchen. Indessen dürfte auch sie nicht massgebend sein für die Trennung zweier sonst in allen Beziehungen so nahe verwandter Formenkreise. Schon Eichler bemerkt ganz richtig, dass die Lage der Samenanlage an der Aussenwand des Fruchtknotens sich nach analogen Erscheinungen bei anderen Pflanzen erklären könne. Die Präfloration habe ich allerdings bei Vasconcella hastata auch klappig gefunden, aber auch für Carica Papaya mit aller Bestimmtheit ein gleiches Verhalten nachgewiesen. Auch hierauf weist schon Eichler hin, sodass Caruels gegentheilige Angaben nicht besonders ins Gewicht fallen können.

Wenn deshalb im Folgenden von Carica schlechthin die Rede ist, ist damit die Gesammtheit der obengenannten Formen gemeint, besondere Abweichungen sollen durch die Anführung des Speciesnamens bezeichnet werden.

Bevor auf die in den nächsten Blättern gegebene Anatomie von Carica eingegangen wird, möge hier das Verzeichniss der überhaupt zur Benützung gekommenen Literatur Platz finden:

Eichler, Blüthendiagramme. Bd II.

Baillon, histoire des plantes. Bd. IV.

Caruel, Nuovo Giornale Botanico Italiano 1876.

Klebs, Beiträge zur Biologie der Keimung in „Untersuchungen aus dem bot. Inst. in Tübingen". Bd. I.

Unger, Anatomie und Physiologie der Pflanzen 1855.

De Bary, Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane.

Haberland, Physiologische Pflanzenanatomie 1883.

Solereder, Ueber den systematischen Werth der Holzstruktur bei den Dikotyledonen. München 1886.

Johow, über Zellkerne in Sekretbehältern 1880.

E. Schmidt, Ueber den Protoplasmakörper und die Kerne der gegliederten Milchröhren der Pflanzen. Bonn 1882.

Treub, sur des cellules végétales à plusieures noyaux 1882.

Skott, Entwicklungsgeschichte der gegliederten Milchröhren. Arbeiten des bot. Inst. zu Würzburg. Bd. II. 1882.

Hanstein, Die Milchsaftgefässe. Berlin 1864.

Dippel, Entstehung der Milchsaftgefässe. Verhandelingen der Bataaf'sche Genootschap te Rotterdam. Bd. XII. 1865.

Eine Anzahl anderer Arbeiten, so namentlich diejenige von Trécul, wurden nicht herangezogen.

Blüthe.

Meine Angaben über die Carica-Blüthe können sich auf wenige Worte beschränken, da morphologisch den Auseinandersetzungen Eichlers nichts hinzuzufügen ist, und besonders weil ich nur männliche Blüthen vor mir hatte. Auch anatomisch bieten sie wenig Interesse; ebenso konnte ich sie entwickelungsgeschichtlich nicht bearbeiten bei Mangel an geeignetem Material.

Alle Blüthenorgane bestehen aus einem lockeren, inhaltsarmen Gewebe, das namentlich in dem Fruchtknotenrudiment grosse Mengen von Kalkoxalatdrusen führt. Reich gegliederte Milchsaftgefässe durchziehen alle Theile und dringen bis in die Antherenwandungen vor. Die Antheren selbst zeigen den gewöhnlichen Bau, abgesehen von einem besonders stark hervortretenden Connectiv. Ihre Wandungen sind dadurch interessant, dass die Tapetenzellen länger als bei anderen Pflanzen intakt erhalten bleiben, oft noch dann deutlich wahrnehmbar sind, wenn die Pollenkörner schon ihre normale Ausbildung nahezu erreicht haben. Die letzteren sind von rundlicher Gestalt, haben eine feine, warzige Exine, von der nur ein langgestreckter nicht verdickter Streif sich abhebt, der Bauchfalte anderer Pollenkörner entsprechend.

Sehr hübsch gestaltet sich in der klappigen Knospenlage die seitliche Berührung der Kronenzipfel, die an ihren seitlichen Rändern mit vielen, in regelmässigen Abständen stehenden spitzen Papillen ausgerüstet sind; der Abstand zwischen je 2 Papillen ist gleich der Breite einer Papille selbst. Die Kronenzipfel stossen nun so aneinander, dass je eine Papile des einen in den Zwischenraum zwischen zwei des benachbarten eingreift, in Folge dessen der denk-

bar dichteste Abschluss des Innern der Blüthe nach aussen hin erreicht wird.

Das Fruchtknoten-Rudiment ist in der männlichen Blüthe stets vorhanden, in seinem unteren Theile aber nie weiter differenzirt. Es hat die Gestalt eines konischen, von einigen Gefässbündeln durchzogenen Zapfens, der nach obenhin in einen ziemlich langen, gut ausgebildeten Griffel ausläuft. Tela conductrix und Narbenpapillen fehlen dem letzteren.

Morphologie und Anatomie der vegetativen Organe von C. Papaya und hastaefolia.

Wiewohl der Typus des anatomischen Aufbaues der Carica-Arten im Grossen und Ganzen von demjenigen anderer und namentlich auch nächst verwandter Dicotyledonen nicht erheblich abweicht, ist er doch durch einige ausgeprägte Eigenthümlichkeiten so interessant, dass eine nähere Beschreibung derselben sich lohnen dürfte. Auch hier können die beiden untersuchten Arten (Carica Papaya und Vasconcella hastata) gemeinsam behandelt werden, da fast gar keine Differenzen zwischen beiden zu finden sind, was seinerseits wieder für die Vereinigung beider Gattungen sprechen dürfte.

Wie bekannt, sind die Stammorgane unserer Pflanzen allgemein ausgezeichnet durch kolossale Entwicklung aller Parenchympartieen, denen gegenüber die Theile der Gefässbündel als Festigungsorgane fast gänzlich zurücktreten. Stamm, Wurzel und Blatt sind von einem überaus reichen Milchröhrennetz durchzogen, das alle Gewebepartieen gleichmässig erfüllt und überall mit einander in Verbindung steht.

Der Milchsaft stellt jene dickflüssige, helle, milchig gefärbte Flüssigkeit dar, deren physiologische Eigenschaften durch die Arbeiten von Würtz, Wittmack, Hansen u. s. w. bekannt sind. Die neueste Zusammenstellung derselben findet sich in: Teyxeira, alcune notizie sull Carica Papaya. Perugia 1886.

In der vorhandenen Literatur wird die Anatomie von C. Papaya nur sporadisch berührt. Hauptsächlich sind es die Milchsaftgefässe, die die Aufmerksamkeit der Beobachter auf sich zogen, so dass auf

sie die meisten Angaben entfallen. Eine specielle Anführung der Literatur soll im Folgenden, wo nicht das Gegentheil absolut nothwendig ist, vermieden werden, es mag ein für allemal auf die vorhin angeführte Literatur verwiesen sein.

Zur Untersuchung kamen Keimpflanzen von C. Papaya, sowie erwachsene Exemplare dieser Species und der Vasc. hastata; von beiden wurde auch je ein ausgewachsener grosser Stamm untersucht.

Schon im frühen Jugendzustande zeigen alle Carica-Arten die Eigenthümlichkeit, über dem Wurzelkopf eine kolossale zwiebelartige Verdickung zu bilden durch intensives Wachsthum der hier liegenden Parenchym-Massen. Die Anschwellung zeigt sich auch schon an jungen Keimpflanzen und giebt ihnen ein ganz charakteristisches Aussehen. Ihre Bildung geht aus von dem unteren Theile des hypokotylen Gliedes. Die Hauptwurzel war an untersuchten Exemplaren unregelmässig, oft spiralig gewunden, was indessen wahrscheinlich auf den beschränkten Raum in dem Kulturgefäss zurückgeführt werden muss. Die Nebenwurzeln sind verhältnissmässig dünn und nie sehr zahlreich. Seitlich tragen sie viele dünne, stark verzweigte Faserwürzelchen. Eine Beziehung zu irgend welchen Pilzmycelien konnte ich nie beobachten. Der Stamm ist meist einfach und verzweigt sich erst dicht unter der Krone, hier in viele schlanke, unter spitzem Winkel vom Hauptstamm abgehende Aeste auslaufend.

Ueber die Gestalt der Blätter mögen die Monographieen nachgesehen werden.

Anatomie der Wurzel.

Der Bau der Wurzelspitze des Embryo wurde schon oben beschrieben; er passt vollständig auf alle später entstehenden Nebenwurzeln. Die Wurzelhaube ist überall nur schwach entwickelt und wird von den abgestossenen Zellen in Gestalt einer lockeren braunen Masse umgeben. Dicht hinter der Wurzelspitze wachsen Epidermis-Zellen zu langen einzelligen Wurzelhaaren aus, die aber bald wieder absterben, sodass immer nur eine kurze Strecke hinter der Spitze mit ihnen bedeckt ist.

Die Anlage der Gefässbündel ist im Allgemeinen eine tetrarche, indessen sind sowohl geringere, wie auch grössere Zahlen nicht ausgeschlossen. Der Gefässbündelkörper ist nach aussen von einer dünnwandigen, mit welligen Radialwänden versehenen Endodermis umgeben, das Pericambium in Gestalt einer einschichtigen, aus gewöhnlichen Parenchym-Zellen bestehenden Zelllage ausgebildet.

An den jüngsten Wurzeltheilen ist die Epidermis ziemlich zartwandig und von einer nur dünnen Cuticula bedeckt. Die Aussenwand wird aber schnell dicker und erst ziemlich weit hinter der Wurzelspitze von einem Periderm abgelöst. Der Raum zwischen ihr und der Endodermis ist erfüllt von einem zartwandigen wässerigen primären Rindenparenchym, das von zahlreichen Intercellularräumen durchsetzt ist.

Die Xylem-Bündel enthalten nur wenige weite Spiral- und Netzgefässe, die nicht wie bei anderen Pflanzen eng zusammengedrängt, sondern durch ziemlich beträchtliche Parenchym-Massen von einander getrennt sind. Ebenso bestehen auch die Phloëmkörper aus nur wenigen dünnwandigen und dicht bei einander liegenden Elementen, unter denen schon früh Siebröhren zu unterscheiden sind.

Sowohl das primäre Rindenparenchym als auch der Gefässbündelkörper und das centrale Parenchym führen ein dicht gegliedertes Milchröhrensystem, das in jedem der genannten Gewebekörper unter sich anastomosirt, aber auch mit dem der benachbarten Gewebesysteme in continuirlicher Verbindung steht. Interessant ist dabei das Durchgreifen der die Rindenmilchröhren einerseits und die Gefässbündelmilchröhren andererseits mit einander verbindenden Aeste durch die Endodermis hindurch, in der jede solche Stelle umgeben ist von kleinen isodiametrischen Elementen von gewöhnlicher parenchymatischer Ausbildung. (Nachträglich sei bemerkt, dass die Endodermis-Zellen längs gestreckt sind.)

Die Entstehung der Milchröhren in der Wurzelspitze konnte nicht direkt beobachtet werden; dicht hinter derselben sind sie vollkommen differenzirt und nur selten kamen Präparate zur Beobachtung, aus denen ihre gegliederte Natur erkannt werden konnte. Der Verlauf der Milchröhren ist in den Parenchymparthieen ein längsgestreckter, abgesehen von den seitlichen Anastomosen, während in den Elementen der Gefässbündel die Verzweigung eine so ausgiebige

wird und die Richtung auf die kürzesten Strecken sich so schnell ändert, dass von einem Längsverlauf nicht mehr die Rede sein kann.

An die Gefässe legen sich diese Sekretbehälter oft dicht an und folgen ihnen auch wohl eine Strecke weit, können auch ringförmig dieselben umgeben, ohne dass damit die Constanz eines solchen Verhaltens angedeutet sein soll. Wie gesagt, ist die Richtung und Verzweigung eine vollkommen willkürliche und auf keine, wenigstens äusserlich wahrnehmbare Ursachen zurückzuführen. Dass trotzdem der Gedanke naheliegt, die Milchröhren möchten hier in irgend welche Leitungsbeziehung zu den Gefässbündeln treten, wird nicht bestritten werden können. Sie sind meist lückenlos von den angrenzenden Zellen umlagert, ziemlich dünnwandig und von nur geringem Durchmesser. Ihr Inhalt färbt sich mit Jod intensiv gelb, lässt aber ausser dem Vorkommen ebenfalls sich intensiv färbender Körnchen keine Differenzirung wahrnehmen; in Alkohol kontrahirt er sich etwas. Dabei zeigt sich dann, dass der eigentliche Milchsaft stets noch von einer dünnen Protoplasma-Schicht umhüllt ist, wie dies ja für andere Fälle auch schon nachgewiesen wurde; vermittels Carmin- oder Haematoxylin-Färbung konnten dann in diesem Plasmabeleg zahlreiche wohlerhaltene Zellkerne nachgewiesen werden, die von denen der Parenchym-Zellen durch etwas geringere Grösse und gestreckte Form abweichen.

Schon de Bary u. Dippel haben die Behauptung Schacht's von einer Communication mit den Gefässen zurückgewiesen; auch mir begegneten hin und wieder Bilder, die Schacht's Annahme zu unterstützen schienen; genaue Untersuchung lehrte indessen stets, dass die trennende Membran vorhanden und höchstens an der betreffenden Stelle dünner war, als in der Umgebung.

Am zahlreichsten treten die Milchröhren auf im centralen Parenchym, nehmen von da nach der Peripherie hin allmählich an Menge ab, um im Gefässbündel-Körper ein Minimum zu erreichen, das dann in der Rinde sich wieder zu einem Maximum steigert, indessen hinter dem Markmaximum zurückbleibt.

Von der jungen, noch nicht verdickten Wurzel ist sonst noch zu bemerken, dass die allerjüngsten Xylem- und Phloëm-Anlagen (Protoxylem und Protophloëm) unbedeutend klein sind und in der

fertigen jungen Wurzel als zusammengepresste, kaum wahrnehmbare Ueberreste liegen, die eigentlich nur an der etwas stärkeren Lichtbrechung ihrer Wände wahrzunehmen sind.

Die Verdickung der Wurzel wird eingeleitet von einer Cambium-Bildung, die zwischen Phloëm und Xylem beginnt, vor dem Xylem- und hinter dem Phloëmtheil zusammengreift und so einen zunächst nach aussen eingebuchteten Cambiumring darstellt. Die Inanspruchnahme der dazu nöthigen Parenchym-Zellen gestaltet sich ganz so wie bei anderen Pflanzen und braucht hier nicht näher beschrieben zu werden. Um die inneres und äusseres Parenchym verbindenden Milchröhrenäste biegt das Meristem rings aus, so dass hier ein ähnliches Verhalten zu Stande kommt, wie bei dem Durchgang durch die Endodermis. Wie sich das Verhalten der Milchröhren bei der fortschreitenden secundären Verdickung gestaltet, soll bei der Beschreibung der Stammorgane dargestellt werden. Durch secundäre Wachsthumsverschiebung wird aus dem welligen Cambium-Ring sehr bald ein normaler kreisförmiger, indem dabei gleichzeitig die Phloëm-Gruppen peripherisch in die Länge gezogen werden.

Die secundären Verdickungen im Xylem-Theil des Gefässbündelkörpers beginnen mit der Anlage zahlreicher secundärer Xylem-Gruppen, die zwischen die primären Xylem-Körper eingelagert werden und so ausgiebig in die Dicke wachsen, dass die letzteren sehr bald als kleiner Complex im Centrum des secundären Wurzelholzes liegen. Auch hier überwiegen die parenchymatischen Elemente so sehr, dass die einzelnen Gefässe und Tracheïden scheinbar zwischen ihnen zerstreut sind. Ihre Zusammengehörigkeit zu bestimmten Gruppen ist indessen stets durch eine mehr oder weniger regelmässige radiale Anordnung zu erkennen. Das Parenchym überwiegt dabei so sehr und die Verdickung resp. Verholzung der Xylem-Elemente ist eine so geringe, dass von einem eigentlichen Holze nicht die Rede sein kann.

Die secundär verdickte Wurzel stellt einen fleischigen, rübenähnlichen Körper vor, der ungemein wassereich ist und sich wahrscheinlich in Bezug auf den Wassergehalt ebenso verhalten wird, wie die Stengeltheile, worüber weiter unten.

Als Gefässe treten immer tüpfel- und leiterförmige Gebilde auf, während im primären Xylem meistens sich Spiralgefässe finden.

Wie im Stamme, so haben auch in der Wurzel die Gefässe horizontale oder nur wenig geneigte Querwände, mit meistens einfacher, kreisförmiger Perforation.

Die Markstrahlen wachsen auch hier ebenso wie im Stengel nicht durch ein besonderes interfasciculares Cambium in die Dicke, sondern verlängern sich einfach durch unregelmässige Theilung in der Gegend der fascicularen Cambium-Partie. Auch dies Verhalten soll weiter unten beim Stamm genauer beschrieben werden.

Dem Xylem entsprechend sind auch die eigentlichen Phloëm-Elemente nicht in compakte Gruppen zusammengedrängt, sondern durch Parenchym-Zellen von einander getrennt, weshalb auch hier die Ausbildung eines eigentlichen strangförmigen Körpers nicht zum Ausdruck kommt. Die Siebröhren sind wenig zahlreich, ziemlich englumig und mit einem dem Milchsaft ähnlichen Inhalte erfüllt. Von den Siebröhren und deren tüpfelartiger Durchbrechung braucht nicht weiter geredet zu werden, da diese Verhältnisse sich vollkommen wie bei anderen Pflanzen gestalten. Interessant ist dagegen die Beobachtung, die mehrmals gemacht wurde, dass die Milchröhren, da wo sie an der Siebröhre dicht anliegen, mit dieser durch siebplattenartige Membranstücke in Verbindung stehen, eine Beobachtung, die deshalb umsomehr Beachtung verdient, als bei Carica wenigstens der Inhalt der Siebröhren von dem der Milchröhren mikroskopisch und mikrochemisch nicht verschieden erscheint.

Wenn es auf der Hand liegt, dass eine Communication zwischen Gefässen und Milchröhren à priori als unzulässig abzuweisen ist, so beweist andererseits die eben angeführte Thatsache, dass die Inhalte des Siebröhren- und Milchröhrensystems in einer Verbindung stehen, die bei der Häufigkeit der betreffenden Beobachtungen nicht als eine zufällige zu betrachten ist. Ohne weitere physiologische Speculationen machen zu wollen, möchte ich doch das eine als wahrscheinlich daraus folgern, dass der Milchsaft nicht blos ein Secret darstellt. Untersuchungen an anderen milchenden Pflanzen dürften zu demselben Resultate führen.

Die Siebröhren sind begleitet von langgestreckten, sehr dünnen und zartwandigen Cambiformzellen, die mit einer feinkörnigen, homogenen Plasma-Masse erfüllt sind. Sie umgeben die Siebröhren in deren ganzem Umkreis ausser natürlich an den Stellen, wo die

letzteren mit Milchröhren in Contakt stehen. Nie konnte ich finden, dass gewöhnliche Parenchym-Zellen unmittelbare Nachbarinnen der Siebröhren waren. Die continuirlich auf einanderfolgenden Phloëm-Elemente bilden, wie auch im Stamm, schmale, keilförmige Streifen, die durch breite Parenchym-Massen von einander getrennt sind.

Wie schon oben erwähnt, beginnt die Periderm-Bildung erst ziemlich weit hinter der Wurzelspitze und zwar wird sie eingeleitet durch die Epidermis selbst. Auch hier ist ein Unterschied von dem Stammorgan nicht aufzufinden, und mag deshalb wieder auf dieses verwiesen sein. Uebrigens erreicht das Periderm an der Wurzel nie eine bedeutende Dicke, was andererseits wohl damit im Zusammenhange stehen mag, dass auch die Wurzeln selbst sich selten über einen mässigen Durchmesser hinaus verdicken.

Nebenwurzeln werden zahlreich in gewöhnlicher endogener Weise gebildet, nach dem Typus wie er von Mono- und Dicotylen bekannt ist. Es wurde schon oben erwähnt, dass nur die älteren Nebenwurzeln zu compakteren Organen auswachsen, während fast alle später angelegten in dem Zustande dünner Faserwurzeln beharren.

Anatomie des Stengels der jungen Keimpflanze.

Die Wurzel verlängert sich nach oben in die Keimaxe und die Grenze zwischen beiden ist angedeutet durch jene eigenthümliche, schon früh auftretende Anschwellung, deren oben schon Erwähnung gethan ist; es kommt für uns dabei zunächst der Gefässbündelübergang und die Gefässbündelanordnung in Betracht.

Was den ersteren betrifft, so verläuft er vollkommen nach dem Schema, wie es bei de Bary, vergleichende Anatomie pag. 401 u. 402 dargestellt ist, d. h. vor dem Uebertritt in das hypokotyle Glied theilt sich jede Phloëm-Gruppe in je zwei, von denen nun jede allmählich vor das ihr benachbarte Xylem-Bündel rückt und hier mit der Hälfte der auf der andern Seite dieses Xylem-Bündels liegenden Phloëm-Gruppe zusammentrifft. So entstehen vier kreuzweise gelagerte normale collaterale Bündel, die in dieser Anordnung den grösseren Theil des hypokotylen Gliedes durchziehen. Eine Strecke unterhalb des Cotyledonen-Ansatzes theilen sich die beiden mit den Cotyledonen-Insertionen correspondirenden Bündel, so dass jetzt

ein sechsgliedriger regelmässiger Gefässbündelkörper vorhanden ist. Die Regelmässigkeit desselben wird aber bald gestört dadurch, dass die vier durch Theilung entstandenen Bündel seitlich sich von einander entfernen und den nicht getheilten nähern; so entstehen zwei parallele Gefässbündelplatten, aus je drei Gliedern bestehend. Innerhalb einer jeder dieser Platten kann sich nun auch das eine oder das andere dieser Gefässbündel theilen, so dass die Gesammtzahl oft bis auf zehn steigt. Aeusserlich nimmt durch eine solche Gefässbündelanordnung der ganze junge Stamm eine leicht viereckige Gestalt an.

Dicht unter den Cotyledonen nähern sich wieder die correspondirenden Endglieder der beiden Platten und biegen dann als Blattspurstränge in die Keimblätter aus.

In Bezug auf sonstige Anatomie des jungen Stengels ist wenig zu sagen. Wie im ruhenden Embryo, so auch hier in der jungen Keimpflanze ist die Vegetationsspitze in Dermatogen, Periblem und Plerom differenzirt, von denen das erstere aus eigenen Initialzellen sich aufbaut und die beiden letzteren in gemeinsame Bildungszellen zusammenfliessen. Hier sowohl, wie im Vegetationspunkt ausgewachsener Pflanzen kann ich das Fehlen einer Scheitelzelle mit Bestimmtheit behaupten; selbst die gelungensten Flächenschnitte zeigten stets vollkommen gleichwerthige Zellen von polyedrischer Gestalt.

Die Gefässbündeldifferenzirung beginnt erst ziemlich weit unter dem Vegetations-Punkt und verläuft im Ganzen in der für die Wurzel beschriebenen Weise. Die Zahl der Gefässbündel variirt und ist auch vielleicht bei den einzelnen Arten verschieden. Sie sind in einen regelmässigen Ring geordnet und ebenso wie in der Wurzel durch breite Parenchym-Massen von einander getrennt. Solche Parenchym-Massen lagern sich auch zwischen die Elemente der einzelnen Gefässbündel ein und bedingen scheinbare Theilung derselben, so dass es häufig schwer ist, einen bestimmten Phloëm-Theil auf eine bestimmte Xylem-Gruppe zu beziehen.

Epidermis, primäres Rindenparenchym, sowie auch die Bestandtheile der jungen Gefässbündel selbst bedürfen keiner genaueren Beschreibung.

Sehr früh bildet sich unter der Epidermis ein collenchymartiges Gewebe aus, das bei Carica Papaya an Ausdehnung etwas hinter dem bei hastata zurückbleibt. Ebenso sind schon früh an der Aus-

senseite der Phloëm-Gruppen einzelne Sklerenchym-Fasern zu bemerken, die indessen weder hier noch im ausgewachsenen Stamme bei ihrer geringen Zahl und Verdickung eine wesentliche mechanische Bedeutung haben können.

Die erwähnte zwiebelförmige Verdickung an der Uebergangsstelle zwischen der Wurzel und dem hypokotylen Gliede, die an erwachsenen Stämmen ganz kolossale Dimensionen annehmen kann, kommt zu Stande durch ungemein ausgiebige Parenchymwucherungen sowohl des centralen Markgewebes als auch des Rindenparenchyms. Der Gefässbündelkörper behält dabei seine normale Gestalt und Lagerung und wird nur insofern verändert, als sein Verlauf sich der Krümmung der Anschwellung einigermassen anpasst, also ein nach aussen ausgebauchter wird.

Trotz der ziemlich grossen Anzahl von Gefässbündeln, die den Stengel durchziehen, ist der Gefässbündelverlauf ein ziemlich einfacher. Die Blattstellung ist nach $^2/_5$ oder $^3/_8$ und dementsprechend biegen in die einzelnen Blätter je 2 Stränge aus, entweder ungetheilt in den Blattstiel übertretend oder schon während des Ausbiegens sich in 4 Stränge gabelnd. Ueber der Ausbiegungsstelle wölben sich die benachbarten Gefässbündel zusammen und ergänzen die Zahl bald wieder durch Theilung. Der Gefässbündelkreis ist je nach der Blattstellungsordnung in eine verschiedene Zahl von Gruppen getheilt, deren jede 3—6 Gefässbündel umfasst. Interessant ist dann weiter, dass eigentlich stets eine solche Gruppe vollständig in das Blatt übertritt und nur zu diesem Behufe vorher in je 2 Bündel, die oben erwähnten, verschmilzt. Einzelne Theilungen und Wiedervereinigungen einzelner Fibrovasal-Stränge finden auch sonst mitten im Internodium statt, wie denn überhaupt in Bezug auf Zahl und Regelmässigkeit keine gesetzmässigen Beziehungen vorhanden sind.

Secundäre Verdickung des Stammes.

Die Keimpflanze erreicht ziemlich beträchtliche Dimensionen, ehe mit der Bildung eines Verdickungsgewebes d. h. eines Cambiums begonnen wird. Die trotzdem sich bis zu diesem Zeitpunkt bemerkbar machenden Veränderungen der Dimensionen, namentlich des Dickendurchmessers sind, wie die Beobachtung zeigt, auf Thei-

lung in der gesammten Parenchymmasse zurückzuführen. Ganz besonders ist es das Mark, das so eine Verdickung bewirkt, mit der das Rindenparenchym nicht ganz gleichen Schritt hält und deshalb sehr bald tangentialgestreckte Zellen zeigt.

Der Durchmesser des Stengels der Keimpflanze kann auf diese Weise mehrere Millimeter betragen und die Anzahl der entwickelten Laubblätter sich auf 4—5 belaufen.

Die Cambium-Bildung, die nun eingeleitet wird, unterscheidet sich von den meisten dicotylen Pflanzen dadurch, dass sie sich auf die Erzeugung von fascicularen Cambium-Theilen beschränkt. Gewöhnliche, zwischen Phloëm und Xylem liegende Parenchymzellen nehmen meristematischen Charakter an und gewinnen nach einigen Theilungen das Aussehen gewöhnlicher Cambium-Zellen. Die Theilungen folgen nun ziemlich schnell auf einander, wobei aus den neu erzeugten Zellen auch im secundären Holze nur wenige eigentliche Gefässbündel-Elemente gebildet werden. . Die meisten formen sich nachdem 2 · 3malige Querfächerung eingetreten ist, zu gewöhnlichen Parenchymzellen um, die von dem Parenchym der Markstrahlen in keiner Weise zu unterscheiden sind.

Die Markstrahlen selbst folgen dem Wachsthum des Fibrovasalsystems nicht durch sogenannte interfasciculare Cambium-Parthien, sondern einfach dadurch, dass in der Gegend des Cambium-Ringes gelegene Zellen je nach Bedürfniss hier und da durch eine Querwand getheilt werden. Die Theilzellen wachsen schnell zu der gewöhnlichen Grösse heran und können im ferneren Verlauf der Verdickung entweder die Rolle der Mutterzelle übernehmen oder auch unverändert bleiben.

Es wurde schon bei der anatomischen Beschreibung der Wurzel auf dieses Verhalten hingewiesen, hier möge dasselbe insofern etwas genauer besprochen werden, als auch in den Markstrahlen zahlreiche quer verlaufende Milchröhrenäste vorhanden sind, die das Milchröhrensystem der Rinde und des Markes verbinden. Das Verhalten im Stamme gestaltet sich völlig wie in der Wurzel, und mag hier für beide gemeinsam kurz angedeutet werden.

Wie schon erwähnt, stellen die Milchröhren auch im fertigen Zustande keineswegs todte mit Secret gefüllte Zellengerüste dar, sondern bleiben stets durch das Vorhandensein eines Protoplasma-

beleges und von wohlausgebildeten Zellkernen in dem Zustande lebender Zellen. Dementsprechend erfolgt ihre Verlängerung in radialer Richtung nicht durch eine einfache passive Streckung, sondern durch ein selbstständiges Wachsthum. Sowohl die Elemente der Gefässbündel, als das Markstrahlenparenchym lagern sich gewissermassen scheidenförmig um sie herum, sind im übrigen fest mit ihren Membranen verwachsen. Daraus folgt, dass auch die radiale Streckung der Milchröhren selbst in der Region des Cambium-Ringes stattfinden muss, und in der That lässt sich hier immer eine Milchröhrenpartie nachweisen, die insofern meristematischen Charakter hat, als sie sich durch die Zartheit ihrer Wandungen und die Bildung zahlreicher seitlicher Verzweigungen auszeichnet, die nun ihrerseits zwischen die aus dem Meristen entstandenen Zellpartien sich eindrängen und so hier das Milchröhrennetz vervollständigen.

Es ist diesem Punkte in der Milchröhrenanatomie keine weitere Aufmerksamkeit geschenkt worden, weshalb er hier besonders hervorgehoben sein möge. Von besonderem Interesse ist dabei, dass die primär in das Milchröhrennetz eintretenden Zellen keine weiteren Theilungen erfahren, wogegen die relative Mächtigkeit des Protoplasma-Beleges auch in den secundär verlängerten Röhren, sowie die Häufigkeit der Zellkerne stets dieselben bleiben.

Damit ist bewiesen, dass das gegliederte Milchröhrensystem nach seiner Anlage einen einheitlichen Organismus vorstellt, der sich ganz verhält wie ein ungegliedertes Milchsaftgefäss. Es ist natürlich dabei nicht ausser Acht zu lassen, dass an den Vegetationspunkten, sowie in den neu angelegten Organen stets neue Zellen an das vorhandene System angereiht werden, ganz ebenso wie ja auch bei den ungegliederten Milchröhren die wachsenden Spitzen mehr oder weniger normale Zellen darstellen, die nur von der differenzirten Milchröhre nicht durch eine Querwand abgetrennt sind.

Zellkerntheilungen konnten zwar nicht direkt beobachtet werden, sie werden aber, wie schon erwähnt, zwingend erschlossen aus der gleichbleibenden relativen Zahl in dem ausgebildeten System.

Die Vertheilung der Milchröhren durch den Stengel gestaltet sich ganz wie in der Wurzel, d. h. sie sind am zahlreichsten im Mark, nehmen dann in der Häufigkeit gegen den Gefässbündelkörper ab, um in der Rinde wieder zu einem wesentlich mitbestimmenden

Gewebstheil zu werden. Ueber Verlauf, Verzweigung, Beziehung zu den Gefässbündel-Elementen u. s. f. ist schon mehrfach das Nöthige gesagt worden.

Ueber die specielleren Verhältnisse der secundären Verdickung möge noch Folgendes angefügt werden:

Der zunehmenden Dicke des Stammes entsprechend wird auch sehr bald die Zahl der Gefässbündel oder besser gesagt, die als besondere Complexe von einander sich abhebenden Xylem- und Phloëm-Theile eine bedeutendere. Die Theilung der ursprünglich vorhandenen gestaltet sich dabei sehr einfach so, dass zwischen den Xylem- und Phloëm-Theilen Parenchymmassen zur Ausbildung kommen, die durch secundäre Theilungen sehr bald an Umfang bedeutend zunehmen und so die überhaupt nur spärlichen Gefässbündel-Elemente auseinander drängen. Diese Parenchymmassen werden zu Markstrahlen höherer Ordnung, wobei noch besonders betont werden muss, dass die Verschiebung der Xylem- und Phloëm-Theile eine derartige ist, dass die einen auf die anderen nur in den seltensten Fällen bezogen werden können.

Eine verhältnissmässige Regelmässigkeit der Anordnung findet sich in der secundären Rinde, wo neben den Siebröhren und Cambiformzellen und mit ihnen in ziemlich gleichen Abständen abwechselnd Bündel von Sclerenchym-Fasern zur Ausbildung gelangen. Die Gesammtheit dieser Zellen bildet keilförmige, mit dem dickeren Ende der Cambium-Zone aufsitzende Streifen, die sich von dem zwischenliegenden Parenchym durch festere Consistenz und gelbliche Färbung schon äusserlich abheben; eine ähnliche Sonderung kommt im Holzkörper nur in den seltensten Fällen zur Beobachtung.

Das primäre Rindenparenchym mit Collenchym und Epidermis bleibt sehr lange erhalten und mit Gewissheit kann ich keinen einzigen Fall anführen, in dem nicht beide Gewebe trotz ausgiebiger Periderm-Bildung vorhanden gewesen wären. Ja im Gegentheil fährt auch das Collenchym fort, bei der secundären Verdickung mitzuwachsen und so einen nicht unerheblichen Beitrag zur mechanischen Festigung des Stammes zu liefern.

Bei dem eminenten Ueberwiegen des parenchymatischen Gewebes, selbst in ganz alten Stämmen, muss die letztere überhaupt wesentlich von dem Vorhandensein mechanischer Elemente unab-

hängig sein. Sowohl das Collenchym, wie die Sclerenchym-Bündel, von den im Holzkörper zerstreuten und vereinzelten Tracheiden und Gefässen gar nicht zu reden, treten in ihrer Menge so sehr zurück und lassen auch in ihrer Anordnung so wenig das Obwalten mechanischer Principien durchblicken, dass ohne weiteres die allerdings nicht bedeutende Festigkeit des Stammes auf die Gewebespannung seiner saftstrotzenden, eng mit einander verbundenen Parenchymmassen zurückgeführt werden muss. Dass dabei natürlich die feste Epidermis sowohl, wie das Peridem und die ununterbrochene Collenchymschicht nothwendige Vorbedingungen sind, dürfte von selbst einleuchten.

Wie wasserreich das Gewebe ausgewachsener Stämme ist, zeigen folgende Zahlen:

Ein Stammabschnitt, dessen Gesammtgewicht 163 gr betrug, von welcher Summe der eigentliche Holzkörper 85 gr in Anspruch nahm, trocknete im Trockenschrank bei 100° bis auf das Gewicht von 16,59 gr ein; davon entfielen auf die Rinde 11,25 gr und auf das Holz 5,25 gr. Prozentisch berechnet ergiebt sich daraus ein Gehalt von 9,48% an fester Substanz und dagegen der kolossale Gehalt von 90,52% an Wasser. In anderen Fällen wurden diese Zahlen noch übertroffen.

Die Zellen des secundären Holzes sind grösstentheils grosse und dünnwandige isodiametrische Parenchymzellen mit spärlichem protoplasmatischem Inhalt und grossem deutlichem Zellkern. Zwischen ihnen liegen die weitlumigen, wenig verdickten Gefässe einzeln oder gruppenweise, im letzteren Falle häufig von einigen dünnwandigen Tracheiden begleitet. Die Querwandverhältnisse sind dieselben wie bei der Wurzel (Solereder l. c.). Die Gefässe selbst sind, wie schon oben erwähnt, netz- oder leiterförmige Gefässe, die in älteren Stämmen, namentlich in älteren Wurzeln dicht von Thyllen erfüllt sind. Für das Studium der Thyllen-Entwicklung dürfte sich unsere Pflanze besonders eignen.

Ueber die Siebröhren, Cambiformzellen und Sclerenchymfasern der secundären Rinde braucht dem früher Gesagten nichts hinzugefügt werden.

Im Periderm treten zahlreiche und wohlausgebildete Lenticellen auf, die aber auch vollkommen dem normalen Typus entsprechen.

Einiges über die Anatomie des Blattes.

Die allgemeine Blattgestalt ist durch die monographische Beschreibung (Decandolle. Caruel etc) bekannt. Alle Formen haben ziemlich lange Blattstiele, die mit etwas verbreiterter Basis dem Stamme ansitzen. Wie schon oben erwähnt, gehen von jedem Blatt in den Stamm 2 Blattspurstränge über, die aber im Blattstiel sich sehr bald spalten und nun in eigenthümlicher Weise einen fast regelmässigen Gefässbündelring bilden. In den meisten Fällen ist derselbe auch auf der Blattstieloberseite geschlossen, seltener findet sich hier eine Lücke. Das sonstige Gewebe des Blattstieles ist ein kleinzelliges Parenchym, nach aussen von einer ziemlich dichten Collenchymscheide und einer festen Epidermis umschlossen. Nur auf der Unterseite erreicht die erstere eine beträchtlichere Dicke.

Der Blattabfall wird auch hier durch eine dünne meristematische Zellschicht bewirkt, dicht über der Insertion gelegen. Die nach dem Abfall am Stamm zurückbleibenden Zellen verkorken, während die hier mündenden Gefässe in der von Frank beschriebenen Weise durch braune gummi- oder harzähnliche Massen verstopft werden.

In der Lamina breiten sich die Gefässbündel fingerförmig aus in 3—5 Hauptnerven, von denen der mittlere als Mittelrippe das Blatt in zwei Hälften theilt. Sowohl von ihm wie von den Nebenrippen gehen zahlreiche Rippen zweiter Ordnung unter spitzen Winkeln ab, die sich wieder vielfältig verzweigen und ein dichtes Gefässbündelnetz bilden. Auf Querschnitten zeigt sich, dass die Nerven niederer Ordnung auf der Unterseite des Blattes in dicken Collenchymwülsten vorspringen, diejenigen höherer Ordnung dagegen, ohne die sonstige Anordnung der Blattgewebe zu modificiren, zwischen den Pallisadenzellen und dem Schwammparenchym verlaufen. Im Uebrigen sind die Blätter nach dem bifacialen Typus gebaut.

Die Epidermis der Oberseite enthält kleine tafelförmige isodiametrische Zellen mit geschlängelten Querwänden und wird von einer nur dünnen Cuticula bedeckt. An sie schliessen sich 2 Lagen von nicht sehr langen Pallisadenzellen an, auf die wiederum das ungefähr gleich dicke lacunöse Chlorophyllparenchym der Blattunterseite folgt.

Alle Zellen sind gleichmässig mit Chlorophyllkörnern erfüllt, in

sehr vielen finden sich Ablagerungen von drusenförmigem Kalkoxalat.

Die Epidermis der Blattunterseite unterscheidet sich von derjenigen der Blattoberseite durch etwas geringere Abplattung ihrer Zellen, sowie dadurch, dass nur sie zahlreiche und gleichmässig vertheilte Spaltöffnungen enthält. Die Letzteren liegen in der äusseren Fläche der Epidermis und zeigen sonst durchaus den gewöhnlichen Bau.

Wie alle Theile des Stengels ist auch die Blattmasse überall von Milchröhren durchzogen, die aber hier sich lediglich in der Begleitung der Gefässbündel finden. Häufig verlängern sie sich noch eine Strecke weit über die Gefässbündelenden hinaus. Die Letzteren bestehen immer nur aus einer oder wenigen Tracheen-Zellen mit geschlossenen Quer-Wandungen. Siebröhren und andere Gefässbündel-Elemente hören schon ziemlich weit unterhalb derselben auf. —

Ganz allgemein in fast allen Theilen der Carica-Pflanzen, namentlich massenhaft im Stengel und in der Frucht, finden sich in den Parenchymzellen ziemlich grosse, rundliche oder etwas unregelmässig gestaltete Körner von starker Lichtbrechung. Ohne weitere Untersuchung würden sie für Stärkekörner oder auch wohl für Oeltropfen zu halten sein; mit Reagentien behandelt indessen erwiesen sie sich als Gebilde, die mit keinem anderen sonst in den Pflanzen vorhandenen zu identificiren sind. Jodlösung in den verschiedensten Zusammensetzungen wirkt gar nicht ein, oder erzielt höchstens eine schwache Gelb-Färbung. In Salzsäure, Schwefelsäure, Salpetersäure lösen sie sich schnell, bestehen aber auch nicht, wie man annehmen könnte, aus Kalkoxalat, da sie sich einerseits auch in Essigsäure leicht lösen, und ebenso beim Erwärmen in reinem Wasser. Dass auch keine Stärkemodification vorliegt, beweist ihre Unlöslichkeit in Kalilauge.

Stimmte so die Gesammtheit dieser Reactionen für keinen sonst mikrochemisch nachweisbaren Pflanzenstoff, so musste sie andererseits den Gedanken nahelegen, dass es sich hier um einen aldehydartigen Körper handle.

Demgemäss behandelte ich die Schnitte zunächst mit Silbernitrat, wobei sich die betreffenden Körper durch reducirtes Silber sehr schnell und sehr intensiv schwarzbraun färbten.

Mit Fehling'schem Reagens erhielt ich mikroskopisch kein Resultat, wohl aber makrochemisch, wenn ein Gewebestück mit Wasser ausgekocht und der betreffenden Behandlung unterzogen wurde. Natürlich kann dieser Erfolg zur Beurtheilung nicht verwerthet werden.

Durch Schwefeldioxyd entfärbte Fuchsin-Lösung löste die Körper auf, indem eine sehr deutliche Rothfärbung der Flüssigkeit eintrat.

Die Reaction, welche den Ausschlag gab, bestand in der Anwendung des salzsauren Phenylhydrazins, in der Form, wie es von Emil Fischer für aldehydartige Körper eingeführt wurde. Unter Lösung der betreffenden Gebilde traten grosse Mengen jenes charakteristischen gelblichen und krystallinischen Niederschlages auf; auch makrochemisch war er mit Leichtigkeit nachzuweisen.

Damit dürfte der Beweis geführt sein, dass wir es hier mit einer Aldehydverbindung zu thun haben, über deren Bedeutung für die Pflanze allerdings zur Zeit noch nichts ausgesagt werden kann; weder der Ort des Vorkommens noch die Zeit desselben gestatten hier irgend einen Schluss. Dass es sich nicht gut um einen Reservestoff handeln kann, dürfte aus dem massenhaften Auftreten im Fruchtfleisch und dem absoluten Fehlen im Endosperm der Samen hervorgehen. Viel eher könnte man an ein Zwischenglied zwischen den ersten Assimilationsproducten und fertiger organischer Substanz, resp. Reservestoffen denken, wegen des ständigen Vorkommens im Stengel und des Fehlens in der überaus kohlehydratreichen Wurzel. Ein weitere Discussion über diese Möglichkeiten ist indessen hier überflüssig, da dieselben nur durch experimentelle Untersuchungen entschieden werden können. Die Auffindung dieser Körper überhaupt darf ich aber wohl als ein sehr interessantes und beachtenswerthes Faktum bezeichnen.

Vergleiche mit Verwandten und Schluss auf die systematische Stellung.

Die wenig gleichmässige anatomische Untersuchung der verschiedenen Pflanzenfamilien gestattet auch in unserem Falle nicht, mit irgend welcher Bestimmtheit Schlüsse von der einen auf die andere zu ziehen.

Bekanntlich schwankt nach der Meinung der verschiedenen Systematiker die Stellung der Papayaceen im Systeme sehr. Während Eichler sie den Bixaceen nähert, wollen Bentham und Hooker sie als Passifloraceen-Verwandte betrachtet wissen.

Wenn man die anatomischen Angaben vergleicht, welche Solereder in seiner oben erwähnten Abhandlung über diese beiden Familien gibt, wird man allerdings dahin neigen, die Verwandtschaft mit der letzteren gelten zu lassen. Da indessen die Angaben zu dürftig sind und namentlich sich nur auf einige wenige Gattungen beziehen, darf man der vielleicht zufälligen Uebereinstimmung nicht zu viel Werth beilegen. Mir scheint namentlich auch die Blüthenstructur gegen diese Verwandtschaft zu sprechen, obgleich ich auch darüber aus eigener Anschauung keine erschöpfenden Angaben machen kann. Möglich, dass die genaue anatomische Untersuchung der Bixaceen einerseits und Passifloraceen andererseits diese Fragen klären hilft. Ich meinerseits möchte nur noch besonders betonen, dass die Stammstructur der Papayaceen eine so eigenthümliche ist, dass keine der bisher bekannten Pflanzen eine tiefergehende Aehnlichkeit darbietet.